УДК 631.461:633.11.324":631.5

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2020-342-10-73-76>

Тип статьи: Краткий обзор

Type of article: Brief review

**Менькина Е.А.,
Воропаева А.А.***ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ» 356241,
Россия, Ставропольский край
E-mail: anna.v.nazarova@mail.ru***Ключевые слова:** технология no-till, мелкая обработка почвы, озимая пшеница, микроорганизмы, трансформирующие азот, почвенные дрожжи, урожайность**Для цитирования:** Менькина Е.А., Воропаева А.А. Изменение численности эколого-трофических групп микроорганизмов в разных технологиях возделывания озимой пшеницы. *Аграрная наука.* 2020; 342 (10): 73–76.<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2020-342-10-73-76>**Конфликт интересов отсутствует****Elena A. Menkina,
Anastasia A. Voropaeva***North Caucasus Federal Agrarian Research
Centre 356241, Russia, Stavropol Territory
Moscow, Russia***Key words:** winter wheat, soil treatment technologies, microorganisms transforming nitrogen, soil yeast, yield**For citation:** Menkina E.A., Voropaeva A.A. Change in the number of ecological-trophic groups of microorganisms in different technologies of winter wheat cultivation. *Agrarian Science.* 2020; 342 (10): 73–76. (In Russ.)<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2020-342-10-73-76>**There is no conflict of interests**

Изменение численности эколого-трофических групп микроорганизмов в разных технологиях возделывания озимой пшеницы

РЕЗЮМЕ

Актуальность и методика. Протекающие в почве процессы микробиологического превращения вещества тесно связаны с продуктивностью сельскохозяйственных культур, влияя на рост и питание растений. Приведены данные по численности почвенных дрожжей и микроорганизмов, трансформирующих соединения азота в зависимости от технологии возделывания озимой пшеницы. Численность микроорганизмов, трансформирующих соединения азота, выше в технологии без обработки почвы (no-till).

Результаты. Установлено, что внесение аммиачной селитры N_{52} приводит к существенному увеличению численности микроорганизмов в технологии с мелкой обработкой почвы (от $28,5$ до $31,3 \cdot 10^5$ КОЕ/г АСП). На вариантах с внесением минеральных удобрений численность микроорганизмов увеличивалась на всех технологиях возделывания озимой пшеницы. Наибольшая численность микроорганизмов отмечена на вариантах с внесением полного минерального удобрения, в среднем по годам исследования и технологиям возделывания она составила для микроорганизмов, трансформирующих соединения азота, — $154,2 \cdot 10^5$ КОЕ/г АСП и для почвенных дрожжей — $44,9 \cdot 10^3$ КОЕ/г АСП. За период исследований отзывчивость озимой пшеницы на удобрения была очень высокой. Максимальная урожайность культуры достигнута на варианте с внесением $N_{52}P_{52}K_{52}$ — $5,32\text{--}7,02$ т/га. Применение минеральных удобрений способствовало созданию благоприятных условий для развития почвенной микрофлоры, что оказало положительное влияние на урожайность озимой пшеницы.

Change in the number of ecological-trophic groups of microorganisms in different technologies of winter wheat cultivation

ABSTRACT

Relevance and methods. The processes of microbiological transformation of substances in soil are closely related to the productivity of crops, affecting the growth and nutrition of plants. Data are given on the number of soil yeast and microorganisms transforming nitrogen compounds depending on the technology of winter wheat cultivation. The number of microorganisms transforming nitrogen compounds is higher in the technology without soil treatment (no-till).

Results. It was established that the introduction of ammonium nitrate N_{52} leads to a significant increase in the number of microorganisms in technology with fine soil treatment (from 28.5 to $31.3 \cdot 10^5$ colonies forming units per gram of absolutely dry soil). In versions with the introduction of mineral fertilizers, the number of microorganisms increased on all technologies for cultivating winter wheat. The largest number of microorganisms was noted on versions with the introduction of complete mineral fertilizer, on average by the years of study and cultivation technologies, it was for microorganisms that transform nitrogen compounds — $154.2 \cdot 10^5$ colonies forming units per gram of absolutely dry soil and for soil yeast — $44.9 \cdot 10^3$ colonies forming units per gram of absolutely dry soil. During the period of research, the responsiveness of winter wheat to fertilizers was very high. Maximum crop yield was achieved on the version with introduction of $N_{52}P_{52}K_{52}$ — $5.32\text{--}7.02$ t/ha. The use of mineral fertilizers contributed to the creation of favorable conditions for the development of soil microflora, which had a positive effect on the yield of winter wheat.

Поступила: 16 сентября
После доработки: 8 октября
Принята к публикации: 10 октября

Received: 16 september
Revised: 8 october
Accepted: 10 october

Введение

Изучая параметры повышения урожайности сельскохозяйственных культур и плодородия почвы, чаще всего используют показатели агрофизических, агрохимических и физико-химических свойств почвы [1, 2,]. Учитывая, что почва заселена огромным разнообразием живых организмов, ее надо оценивать не только по агрофизическим и агрохимическим параметрам, но и по активности почвенной микробиоты, которая в большей степени определяет плодородие почвы [3, 4]. При проведении механической обработки почвы изменяется равновесное состояние сообщества микроорганизмов в верхних слоях [5]. В наше время все большее распространение получает технология без обработки почвы (no-till), мульчирующий слой в данной технологии предотвращает испарение продуктивной влаги и создает благоприятный микроклимат для интенсивного развития почвенной биоты. В то же время она требует внесения повышенного количества гербицидов и химических средств защиты растений, что накладывает определенный отпечаток на численность обитающих в почве микроорганизмов [6, 7]. Росту численности микроорганизмов способствуют минеральные удобрения, благодаря минеральному питанию развивается мощная надземная и подземная растительная масса, вследствие чего остается больше пожнивных остатков, а это главный резерв увеличения и поддержания органического вещества в почве [8, 9]. При разных технологиях возделывания озимой пшеницы изменяется количество поступивших растительных остатков в почву, соответственно, изменяется количественный состав и соотношение отдельных групп микроорганизмов [6]. В этой связи интерес к изучению численности эколого-трофических групп микроорганизмов на почвах с разной технологией возделывания озимой пшеницы вполне обоснован.

Цель работы — изучить численность эколого-трофических групп микроорганизмов в разных технологиях возделывания озимой пшеницы на черноземе обыкновенном Центрального Предкавказья.

Материал и методы исследования

Объектами исследований служили разные технологии возделывания озимой пшеницы по предшественнику горох на зерно. Озимая пшеница возделывалась по двум технологиям с разными системами обработки почвы: мелкая обработка почвы (лущение стерни дисковыми боронами в два следа на глубину 12–14 см, две предпосевные культивации на глубину 8–10 и 6–8 см) и без обработки почвы (прямой посев сеялкой Gimetal по необработанной почве с применением гербицида сплошного действия из группы глифосатов, технология no-till). Повторность опыта трехкратная. Удобрения вносились в рядки при посеве культуры в следующих дозах: контроль (без удобрений); $N_{12}P_{52}$; $N_{52}P_{52}K_{52}$; N_{52} .

Почвенные микроорганизмы, трансформирующие азот и почвенные дрожжи, определяли по общепринятым методикам техникой подсчета колоний на плотных питательных средах [10]. Почвенные образцы отбирали из слоя 0–20 см в трехкратной повторности весной, в фазу колошения озимой пшеницы. Учет урожая осуществлялся механизированным способом с последующим пересчетом на стандартную 14% влажность. Экспериментальные данные обрабатывали методом дисперсионного анализа [11].

В 2017–2018 годах сумма осадков за осенне-зимний период (октябрь-февраль) составила 263 мм, что выше климатической нормы (за период с 1981 по 2010 годы) в среднем на 81,8%. В марте месяце выпало наибольшее количество осадков 88 мм, засушливый период был с апреля по июнь — ГТК 0,41. С октября 2018 года по февраль 2019 года выпало осадков на 79,5 мм меньше, чем в 2017–2018 годах. Все это сказалось на запасах продуктивной влаги в метровом слое почвы в начале весенней вегетации. В 2018 году продуктивный запас влаги в марте был 172,7 мм, в 2019 году — 158,9 мм. Недостаточное увлажнение отмечалось в октябре-ноябре 2018 года (89,2 мм), что отразилось на урожайности озимой пшеницы.

Таблица 1. Изменение численности микроорганизмов в весенний период в слое 0–20 см, КОЕ/г АСП

Table 1. Change in the number of microorganisms in the spring period in the 0–20 cm layer, CFU/g ASP

Обработка почвы	Доза рядкового удобрения, кг д.в./га	2018 год			2019 год		
		Численность МО, использующие органические формы азота, $\times 10^5$	Численность МО, использующие минеральные формы азота, $\times 10^5$	Численность дрожжей, $\times 10^3$	Численность МО, использующие органические формы азота, $\times 10^5$	Численность МО, использующие минеральные формы азота, $\times 10^5$	Численность дрожжей, $\times 10^3$
Мелкая (12–14 см)	контроль	64,9	69,5	38,3	53,2	57,5	45,8
	$N_{12}P_{52}$	73,6	78,7	58,0	70,0	73,7	73,8
	$N_{52}P_{52}K_{52}$	147,7	151,9	80,8	143,9	149,1	93,2
	N_{52}	137,5	140,4	58,4	122,7	131,7	68,6
без обработки (no-till)	контроль	76,6	80,6	35,6	62,2	72,5	41,2
	$N_{12}P_{52}$	83,9	91,0	57,3	73,1	77,5	69,7
	$N_{52}P_{52}K_{52}$	162,3	167,7	79,2	152,3	158,5	87,4
	N_{52}	108,0	111,9	55,3	92,7	99,4	62,0
HCP ₀₅ фактора обработка		7,63	4,06	2,33	5,77	6,51	3,16
HCP ₀₅ фактора удобрения		10,70	5,75	3,28	8,16	8,69	4,47
HCP ₀₅ фактора год		4,62	3,94	3,24	4,62	3,94	3,24

Результаты исследования

На современном этапе развития земледелия все больше рассматривают технологии ведения сельского хозяйства с минимальным технологическим влиянием на почву. Технологии обработки почвы за годы исследований оказали достоверное влияние на увеличение количества микроорганизмов (табл. 1).

Численность микроорганизмов, трансформирующих соединения азота, преобладала в технологии без обработки почвы, кроме варианта с внесением N_{52} . В такой технологии остается большое количество растительных остатков на поверхности почвы, которое играет определенную роль в накоплении эколого-трофических групп микроорганизмов. Превышение численности микроорганизмов, трансформирующих азот, в технологии с мелкой обработкой почвы при внесении аммиачной селитры связано с лучшим использованием кислорода на обработанной почве, что подтверждают и другие исследователи [3, 6].

Влияние удобрений на рост численности микроорганизмов носил закономерный характер по годам. Применение аммиачной селитры способствовало увеличению численности микроорганизмов, трансформирующих азот в 2,2 раза по сравнению с контрольным вариантом в технологии с мелкой обработкой почвы и в 1,4 раза в технологии без обработки почвы. Вместе с тем применение аммофоса $N_{12}P_{52}$ приводило к незначительному увеличению численности микроорганизмов (в 1,2 раза) по обеим технологиям обработки почвы. После внесения полного минерального удобрения $N_{52}P_{52}K_{52}$ численность микроорганизмов, трансформирующих органические формы азота, возросла до $143,9-162,3 \cdot 10^5$ КОЕ/г АСП, а утилизирующих минеральные формы азота до $149,1-167,7 \cdot 10^5$ КОЕ/г АСП. Трансформация органического вещества в почве протекает быстрее на фоне более развитой корневой системы растений благодаря минеральным удобрениям [12, 13].

В среднем за 2 года численность дрожжей в технологии с мелкой обработкой почвы на $3,7 \cdot 10^3$ КОЕ/г АСП выше по сравнению с технологией no-till. По-видимому,

дрожжи активно размножаются при лучшем поступлении кислорода в обработанных почвах. Легкодоступные питательные вещества на удобренных вариантах повышают численность дрожжей в среднем на 75,0%.

В среднем за 2 года исследований в технологии с мелкой обработкой почвы урожайность озимой пшеницы была достоверно выше по сравнению с no-till на контроле и в варианте с внесением аммофоса. На остальных вариантах разница в урожайности между технологиями была в пределах ошибки опыта (табл. 2).

В более увлажненный год (2018) величина урожая в технологии с мелкой обработкой почвы была выше по сравнению с 2019 годом в контроле на 43,5%, в варианте с внесением аммофоса — на 27,8%, полного удобрения — на 24,5% и аммиачной селитры — 83,2%. В технологии без обработки почвы урожайность в более благоприятный год увеличивалась соответственно на 56,6; 21,9; 28,2 и 91,4%.

В среднем по технологиям и годам максимальный прирост сбора зерна относительно контроля (1,88 т/га) достигнут в варианте с наибольшей численностью эколого-трофических групп микроорганизмов при внесении полного минерального удобрения ($N_{52}P_{52}K_{52}$). Эффективность использования минеральных удобрений по технологии no-till выше, чем при мелкой обработке почвы в среднем по удобренным вариантам на 27,3%. Причем отдача от внесения полной дозы минеральных удобрений по данной технологии увеличивалась на 40,1%, а при использовании только азотного удобрения (N_{52}) возросла почти в 2,5 раза. Тогда как при внесении аммофоса, где преобладает фосфор, эффективность таких удобрений при no-till значительно (в 1,6 раза) уступает варианту с мелкой обработкой почвы, что можно объяснить дефицитом азота при разложении растительных остатков.

Выводы

Исследования, проведенные в стационарном полевом опыте, показали, что технологии обработки почвы влияют на численность эколого-трофических групп ми-

Таблица 2. Урожайность озимой пшеницы при разных технологиях возделывания, т/га

Table 2. Yield of winter wheat under different cultivation technologies, t/ha

Обработка почвы	Доза рядкового удобрения, кг д.в./га	2018 год			2019 год			Среднее за 2018–2019 годы		
		Урожайность	Прибавка		Урожайность	Прибавка		Урожайность	Прибавка	
			от обработки	от удобрений		от обработки	от удобрений		от обработки	от удобрений
Мелкая (12–14 см)	контроль	5,61	0,88	-	3,91	0,89	-	4,76	0,89	-
	$N_{12}P_{52}$	6,95	1,71	1,34	5,44	1,14	1,53	6,20	1,43	1,44
	$N_{52}P_{52}K_{52}$	7,02	0,20	1,41	5,64	0,32	1,73	6,33	0,26	1,57
	N_{52}	6,96	-0,14	1,35	3,80	0,09	-0,11	5,38	-0,02	0,62
Без обработки (no-till)	контроль	4,73		-	3,02		-	3,88		-
	$N_{12}P_{52}$	5,24		0,51	4,30		1,28	4,77		0,90
	$N_{52}P_{52}K_{52}$	6,82		2,09	5,32		2,30	6,07		2,20
	N_{52}	7,10		2,37	3,71		0,69	5,41		1,53
HCP ₀₅ фактора обработка			0,39			0,49		0,32		
HCP ₀₅ фактора удобрения			0,54			0,69		0,46		
HCP ₀₅ фактора год								0,32		

кроорганизмов. Численность микроорганизмов, трансформирующих соединения азота, выше в технологии без обработки почвы, за исключением варианта с внесением аммиачной селитры (N_{52}). Внесение в почву минеральных удобрений способствовало увеличению численности агрономически ценных физиологических

групп микроорганизмов в составе микробного ценоза почвы и носило постоянный закономерный характер по годам. Наибольшее положительное влияние на размножение микрофлоры оказало внесение $N_{52}P_{52}K_{52}$, количество колоний увеличивалось по сравнению с контролем в среднем на $87 \cdot 10^5$ КОЕ/г АСП.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лобков В.Т. Использование почвенно-биологического фактора в земледелии: монография. Орел, 2017. 166 с.
2. Пегова Н.А. Влияние вида пара, соломы и систем обработки дерново-подзолистого почва на ее агрохимические свойства. *Агрохимия*. 2020;(4):3-12.
3. Мамедов Г.М. Влияние систем удобрения на численность микроорганизмов в аллювиальной лугово-лесной и лугово-коричневой почвах под агроценозами. *Агрохимия*. 2020;(4):30-37.
4. Куприченко М.Т., Менькина Е.А. Биогенность чернозема обыкновенного Предкавказья. *Плодородие*. 2013;5(74):23-24.
5. Дригидер В.К., Стукалов Р.С., Гаджиумаров Р.Г., Войцеховская С.С. Влияние севооборота на эффективность использования пашни при возделывании полевых культур без обработки почвы. *Земледелие*. 2019;(6):28-32.
6. Гребенников А.Н., Белоров В.П., Кутюва О.В., Исаев В.А., Гармашов В.М., Чевердин Ю.И., Беспалов В.А. Микробиологическая активность миграционно-мицелиарных агрочерноземов при применении разных способов их основной обработки. *Агрохимия*. 2019;(3):19-25.
7. Feiziene D., Feizab V., Karklins A., Janusauskaite D., Sarunas Antanaitis S.A. After-effects of long-term tillage and residue management on topsoil state in boreal conditions. *Europ. J. Agron.* 2018;(94):12-24.
8. Менькина Е.А., Куприченко М.Т. Сезонная динамика биологической активности в агро- и биогенных почвах Ставропольского края. *Таврический вестник аграрной науки*. 2018;2(14):64-75.
9. Добровольская Т.Г., Звягинцев Д.Г., Чернов И.Ю., Головченко А.В., Зенова Г.М., Лысак Л.В., Манучарова Н.А., Марфенина О.Е., Полянская Л.М., Степанов А.Л., Умаров М.М. Роль Микроорганизмов в экологических функциях почв. *Почвоведение*. 2015;(9):1087-1096.
10. Теппер Е.З., Шилиникова Е.З., Переверзева Г.И. Практикум по микробиологии. М.: «КОЛОС», 1972: 199.
11. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). Изд. 5-е доп. и перераб. М.: Агропромиздат, 1985: 351.
12. Федотов Г.Н., Горепекин И.В., Позднякова А.Д., Завгородняя Ю.А., Исакова С.А. Взаимосвязь предыстории использования и химических свойств почв с их аллелотоксичностью. *Почвоведение*. 2020;(3):379-386.
13. Коржов С.И., Трофимов Т.А. Действие растительных остатков на почвенные микроорганизмы. *Главный агроном*. 2020;(1):10-13.

ОБ АВТОРАХ:

Менькина Елена Александровна, к.с.-х.н. с.н.с. лаборатории почвоведения и агрохимии
Воропаева Анастасия Анатольевна, м.н.с. лаборатории почвоведения и агрохимии

REFERENCES

1. Lobkov V.T. The use of soil-biological factor in agriculture: monograph. Orel, 2017. 166 p. (In Russ.)
2. Pegova N.A. Influence of the type of steam, straw and systems of processing of sod-podzolic soil on its agrochemical properties. *Agrochemistry*. 2020;(4):3-12. (In Russ.)
3. Mamedov G.M. Influence of fertilization systems on the number of microorganisms in alluvial meadow-forest and meadow-brown soils under agrocenoses. *Agrochemistry*. 2020;(4):30-37. (In Russ.)
4. Kuprichenkov M.T., Menkina E.A. Biogenicity of ordinary chernozem in Ciscaucasia. *Fertility*. 2013; 5 (74): 23-24. (In Russ.)
5. Dridiger V.K., Stukalov R.S., Gadzhumarov R.G., Voitsekhevskaya S.S. The influence of crop rotation on the efficiency of using arable land in the cultivation of field crops without tillage. *Agriculture*. 2019;(6):28-32. (In Russ.)
6. Grebennikov A.N., Belorov V.P., Kutovaya O.V., Isaev V.A., Garmashov V.M., Cheverdin Yu.I., Bepalov V.A. Microbiological activity of migratory-mycelial agrochernozems using different methods of their main processing. *Agrochemistry*. 2019;(3):19-25. (In Russ.)
7. Feiziene D., Feizab V., Karklins A., Janusauskaite D., Sarunas Antanaitis S.A. After-effects of long-term tillage and residue management on topsoil state in boreal conditions. *Europ. J. Agron.* 2018;(94):12-24.
8. Menkina E.A., Kuprichenkov M.T. Seasonal dynamics of biological activity in agro- and biogenic soils of the Stavropol Territory. *Tavrichesky Bulletin of Agrarian Science*. 2018;2(14):64-75. (In Russ.)
9. Dobrovolskaya T.G., Zvyagintsev D.G., Chernov I.Yu., Golovchenko A.V., Zenova G.M., Lysak L.V., Manucharova N.A., Marfenina O.E., Polyanskaya L.M., Stepanov A.L., Umarov M.M. The role of microorganisms in the ecological functions of soils. *Soil Science*. 2015;(9):1087-1096. (In Russ.)
10. Tepper E.Z., Shilnikova E.Z., Pereverzeva G.I. Workshop on Microbiology. M.: "KOLOS", 1972: 199. (In Russ.)
11. Dospekhov B.A. Field experiment technique (with the basics of statistical processing of research results). Ed. 5th add. and revised M.: Agropromizdat, 1985: 351. (In Russ.)
12. Fedotov G.N., Gorepekin I.V., Pozdnyakova A.D., Zavgorodnyaya Yu.A., Isakova S.A. The relationship between the history of the use and chemical properties of soils with their allelotoxicity. *Soil Science*. 2020;(3):379-386. (In Russ.)
13. Korzhov S.I., Trofimov T.A. The effect of plant residues on soil microorganisms. *Chief agronomist*. 2020;(1):10-13. (In Russ.)

ABOUT THE AUTHORS:

Elena A. Menkina, candidate of agricultural sciences, senior researcher in laboratories of soil science and agrochemistry
Anastasia A. Voropaeva, junior researcher in laboratories of soil science and agrochemistry